STRUKTUR KAYU

DASAR PERHITUNGAN DALAM STRUTUR KAYU

(pertemuan ke 1)

Ir. BESMAN SURBAKTI. MT

Semester B – 2011/2012

Angapan dan penjelasan yang diambil dalam perhitungan :

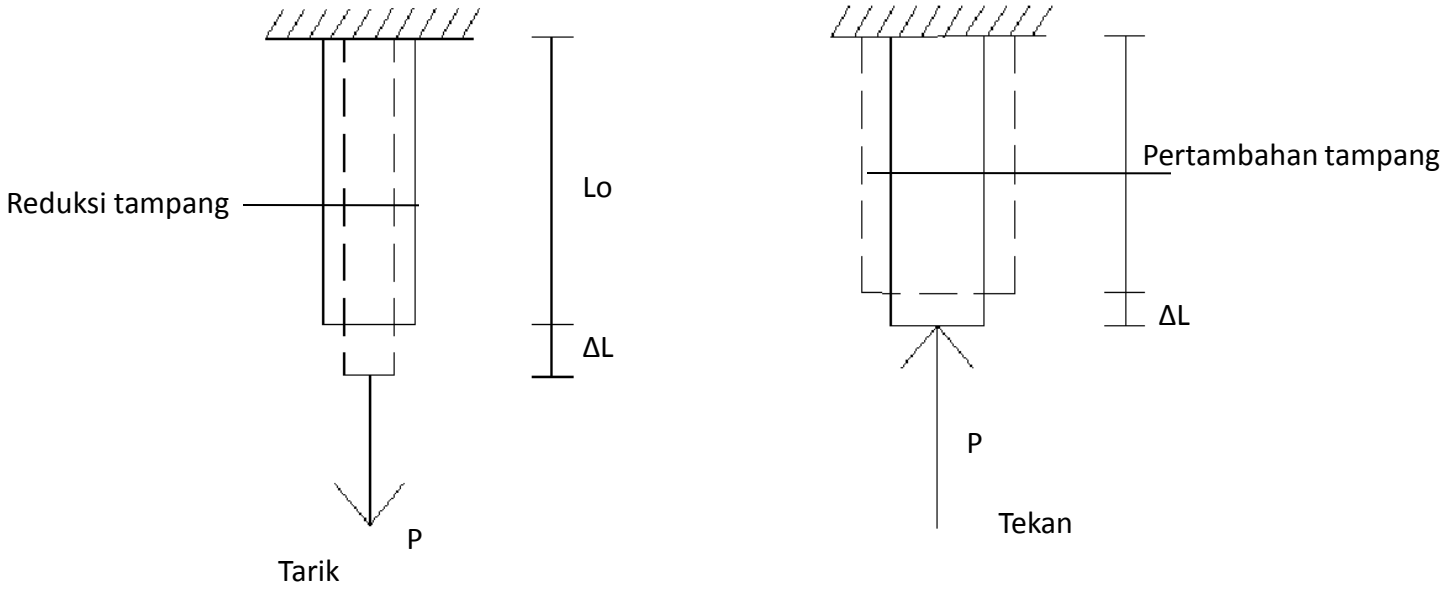
- Homogeny
- Hokum Hooke
- Elastisitas
- Modulus kenyal dalam tarik dan tekan
- Hipotesa Bernoulli
- Ortotropis

Ad.1 Homogen

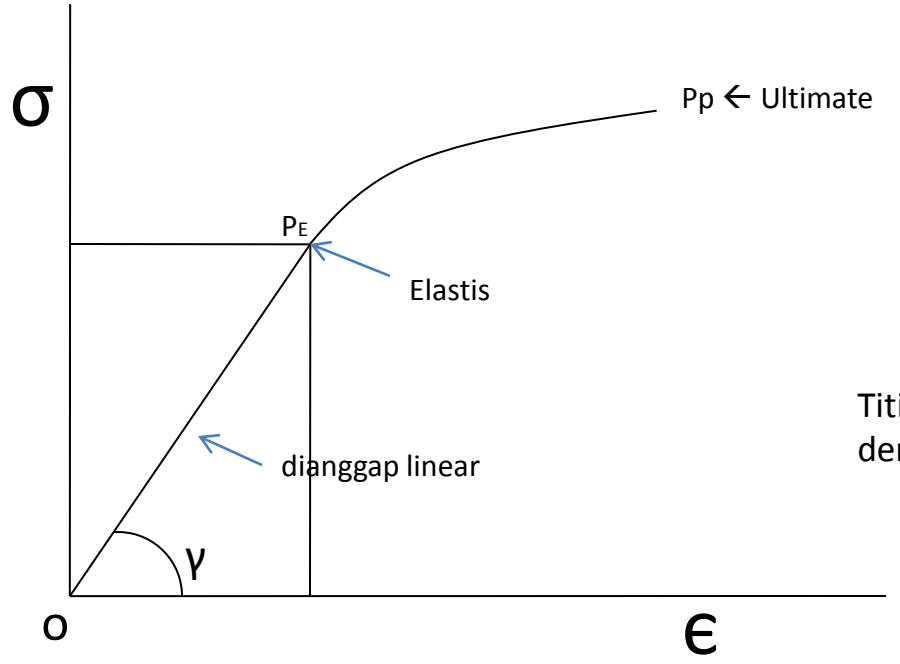
Kayu terdiri dari serat yang tidak dapat disebut homogeny seperti baja, namun dalam praktek dianggap sebagai bahan yang homogeny. Akan tetapi cacat kayu seperti mata kayu perlu diperhatikan dan menyebabkan perbedaan dengan dasar perhitungan yang umum.

Ad. 2 Hukum Hooke / Hubungan σ – ϵ

Dalam hubungan antara σ dan ϵ ada 2 (dua) percobaan yaitu : percobaan tarik dan tekan



Sehingga dapat digambarkan hubungan σ – ϵ



P_E = titik proporsional
P_p = titik patah

Titik proporsional berimpit dengan titik elastis

Hukum Hooke

$$\Delta L = \frac{P\ Lo}{E\ F}; \qquad \frac{\Delta L}{Lo} = \frac{P}{F} \cdot \frac{1}{E}; \qquad \epsilon = \frac{\sigma}{E}$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \tan \gamma \text{ (elastisitas)}$$

dimana : ΔL = perpanjangan / perpendekan
Lo = panjang semula
P = gaya
σ = tegangan
ϵ = regangan
E = elastisitas

Menurut penelitian maka :
Pada percobaan tarik PE > 75 % Pp (Ppatah)
Pada percobaan tekan PE = 75 % Pp

Ad. 3 Elastisitas

Dalam hubungan tegangan dan regangan biasanya kayu bersidar elastis sampai batas proporsional. Dalam perhitungan perubahan bentuk elastis, maka modulus kenyal kayu sejajar serat disepanjang kayu dianggap sama.

Ad.4 Modulus kenyal dalam tarik dan tekan

Meskipun ada perbedaan dalam modulus konyol antara tarik dan tekan adalah penting untuk penggunaan pada teori elastisitas. Dari hasil penelitian, adanya pertentangan yang satu menyebutkan angka modulus kenyal 4 – 5 % lebih tinggi untuk tarik dan tekan, sedang yang lain angka modulus kenyal 10 % lebih rendah untuk tarik daripada tekan.

Ad. 5 Hipotesa Bernoulli

Anggapan bahwa dalam balok lentur, tampang tetap rata untuk mempermudah perhitungan balok terlentur, akan tetapi menurut penyelidikan memperlihatkan penyimpangan dari linearitas.

Ad.6 Ortotropis

Seperti telah diterangkan bahwa kayu adalah bahan yang tidak isotropis, tetapi untuk keperluan praktis, kayu dapat dianggap ortotropis artinya mempunyai 3(tiga) bidang dimetris elastis yang tegak lurus satu sama lain yaitu arah longitudinal, tangensial dan radial.

Kode mutu E26
Kadar air = 20,7 %
Temperatur =38° C
Kelas mutu A

Fb (kuat lentur) = 66 x 0,85 x 0,8 = 44,88 MPa
Ft (kuat tarik // serat) = 60 x 1,00 x 0,8 = 48,00 MPa
Fc (kuat tekan // serat)= 46 x 0,8 x 0,8 = 29,44 MPa
Fv (kuat geser) = 6,6 x 0,97 x 0,8 = 5,123 MPa
Fc (kuat tekan serat) = 24 x 0,67 x 0,8 = 12,864 Mpa
Catatan : faktor koreksi temperature 38° C adalah 1,00

Tegangan izin untuk design dipengaruhi oleh :

1. Nilai rasio tahanan / kelas mutu
2. Faktor koreksi layanan basa
3. Faktor koreksi temperature
4. Dll

Tu = 34954,82 N (kombinasi 1)
L = 3461,1 mm
λ = 0,6
Φt = 0,8

Kode mutu E_{26}
$Ft_{//}$ 60 x 1,00 x 0,8 x 1,00 = 48 MPa (N/mm^2)

$$Tu \leq \lambda \, \Phi t \, T'$$

Tu = gaya tarik terfaktor
λ = faktor waktu
Φt = faktor tahanan tarik terkoreksi
T' = tahanan tarik terkoreksi

STRUKTUR KAYU

DIMENSI BATANG TEKAN

(pertemuan ke 4)

Ir. BESMAN SURBAKTI. MT

Semester B – 2011/2012

Pu = 21985,52 N (kombinasi 1)
L = 3055,05 mm
Kc = 1,0 (sendi - sendi)
λ = 0,6
ϕc = 0,9

Kelangsingan

$\lambda = \frac{Kc\ L}{r} \leq 175$; dimana r = 0,289 b

$b \geq \frac{1,0 \times 3055,05}{0,289 \times 76,2} = 60,406$ mm

Ambil b = 76,2 mm (3")

$\lambda = \frac{1,0 \times 3055,05}{0,289 \times 76,2} = 138,728 < 175$ ..... (ok)

$$Pu \leq \lambda \, \Phi c \, P'$$

$P' = Cp \; A \; Fc \qquad A \; Fc = Po'$

Faktor kestabilan kolom (Cp)

$$Cp = \frac{1+\alpha c}{2c} - \sqrt{\left(\frac{1+\alpha c}{2c}\right)^2 - \frac{\alpha c}{c}}$$

$$\alpha c = \frac{\Phi s \; Pe}{\lambda \; \Phi c \; Po'}$$

$$Pe = \frac{\pi^2 \; E'05 \; A}{(Kc\frac{L}{r})^2} = \frac{3{,}14^2 \; 21481{,}291 \; x \; A}{(\frac{3055{,}05}{r21{,}675})^2} = 10{,}661 \; A$$

$$\alpha c = \frac{0{,}85 \; x \; 10{,}661 \; A}{0{,}6 \; x \; 0{,}9 \; x \; A \; x \; 46 \; x \; 0{,}8 \; x \; 0{,}8} = 0{,}57$$

$$Cp = \frac{1+0{,}57}{2 \; x \; 0{,}8} - \sqrt{\left(\frac{1+0{,}57}{2 \; x \; 0{,}8}\right)^2 - \frac{0{,}57}{0{,}8}} = 0{,}981 - 0{,}5 = 0{,}481$$

$P' = Cp \; A \; Fc$
$= 0{,}481 \; x \; A \; x \; 29{,}44$
$= 14{,}161 \; A$
$= 1079{,}068 \; h$

$Pu \leq \lambda \, \Phi c \, P'$

$21985{,}52 \leq 0{,}6 \times 0{,}9 \times 1079{,}068 \, h$
$21985{,}52 \leq 582{,}697 \, h$

$h \geq \frac{21985{,}52}{582{,}697}$, maka

$h \geq 37{,}731$

maka ambil dimensi batang tekan 3" x 3" (76,2 mm x 76,2 mm)
catatan : bila diambil h = 2" maka kelangsingan tidak aman

$\boldsymbol{\lambda} = \frac{Kc \, L}{r} = \frac{3055{,}05}{0{,}289 \times 2 \times 25{,}4} = 208{,}12 > 175$ (terbukti)

$$T' \geq \frac{Tu}{\lambda \, \Phi t}$$

$$\geq \frac{34954{,}82}{0{,}60 \; x \; 0{,}80} = 64731{,}148 \text{ N}$$

$$T' = Ft \times An$$

$$An = \frac{64731{,}148}{48} = 1348{,}566 \text{ mm}^2$$

$$A = 1{,}33 \; An$$

$$= 1{,}33 \times 1348{,}566$$

$$= 1793, 592$$

Ambil b = 50,8 (2")

$$h = \frac{A}{b} = \frac{1793{,}592}{50{,}8} = 35{,}30 \text{ mm}$$

maka ambil dimensi batang tarik 2" x 2" (50,8 mm x 50,8 mm)

STRUKTUR KAYU

DIMENSI LENTUR MURNI

(pertemuan ke 5)

Ir. BESMAN SURBAKTI. MT

Semester B – 2011/2012

Mu = 275,208 Kgm (kombinasi 3)

Fb = 66 x 0,85 x 0,8 x 1,0 = 44,88 MPa

(kode mutu kayu E_{26})

$$Mu \leq \lambda \Phi b \, M'$$

$$275{,}208 \leq 0{,}8 \times 0{,}85 \, M'$$

$$M' \geq \frac{275{,}208}{0{,}8 \times 0{,}85}$$

$$M' \geq 404{,}718 \text{ Kgm}$$

$$M' \geq 4047180 \text{ Nmm}$$

$$M' = Fb \times S$$

dimana : Fb = tegangan lentur

S = section modulus = $\frac{1}{6} bh^2$

$$Fb \times S \geq 4047180$$

$$S \geq \frac{4047180}{44{,}88} = 90178 \text{ mm}^3$$

$$\frac{1}{6} bh^2 \geq 90178$$

Ambil b = 3" = 76,2 mm

$$h^2 \geq \frac{90178 \times 6}{76{,}2} = 7100{,}6$$

$$h = \sqrt{7100{,}6} = 84{,}3 \text{ mm}$$

ambil h = 4" = 101,6 mm

maka dimensi batang lentur 3" x 4" (76,2 mm x 101,6 mm)

STRUKTUR KAYU

GESER LENTUR

(pertemuan ke 6)

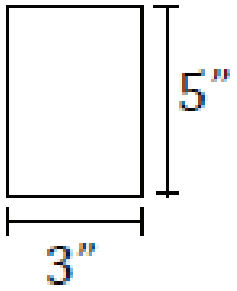
Ir. BESMAN SURBAKTI. MT

Semester B – 2011/2012

Vu = 2133,21 N (Kombinasi 3)

λ = 0,8

Φv = 0,75



$$Vu \leq \lambda \, \Phi v \, V'$$

λ = faktor waktu

Φv = faktor tahanan geser

$V' = \frac{Fv' Ib}{Q}$ ⇨ Fv’ = kuat geser sejajar serat terkoreksi

I = momen inersia

b = lebar penampang balok

Q = statis momen terhadap sumbu netral

untuk tampang segi empat lebar b dan tinggi h

$V' = \frac{2}{3} Fv' bh$

$= \frac{2}{3} \times 5{,}123 \times 76{,}2 \times 127$

= 33042,515 N

$$Vu \leq \lambda \, \Phi v \, V'$$

$2133{,}21 \leq 0{,}8 \times 0{,}75 \times 33042{,}515$

$2133{,}21 \leq 19825{,}509$ ..... (ok)

maka akibat gaya lintang (geser) cukup aman

STRUKTUR KAYU

DIMENSI LENTUR & TARIK AKSIAL

(pertemuan ke 7)

Ir. BESMAN SURBAKTI. MT

Semester B – 2011/2012

Tu = 76982,64 N (kombinasi 1)
Mu = 2463226,25 Nmm (kombinasi 3)
L = 2309,4 mm
Kc = 1,0 (sendi - sendi)
λ = 0,6 Fb = 44,88 MPa
λ = 0,8 Ft = 54,00 MPa
Φt = 0,8
Φb = 0,85
T' = An x Ft
M' = S x Fb ambil b=3" (76,2mm)

$$\frac{Tu}{\lambda\ \Phi t\ T'} + \frac{Mu}{\lambda\ \Phi b\ M'} \leq 1{,}0$$

$$\frac{76482{,}64}{0{,}6 \times 0{,}8 \times 54 \times 76{,}2\ h} + \frac{2463226{,}25}{0{,}8 \times 0{,}85 \times \frac{1}{6} \times 76{,}2\ h^2 \times 44{,}88} \leq 1$$

$$\frac{38,7232}{h} + \frac{6355,3405}{h^2} \leq 1$$

ambil h = 4" (101,6 mm) maka :

$$\frac{38,7232}{101,6} + \frac{6355,3405}{(101,6)^2} \leq 1$$

$$0,3811 + 06157 \leq 1$$

$0,9968 < 1$ ..... (ok)

maka dimensi lentur dan tarik aksial = 3" x 4" (76,2 mm x 101,6mm)

STRUKTUR KAYU

DIMENSI LENTUR & TEKAN AKSIAL

(pertemuan ke 8)

Ir. BESMAN SURBAKTI. MT

Semester B – 2011/2012

Pu = 76482,34 N (kombinasi 1)
Mu = 2463226,25 N mm (kombinasi 3)
L = 2309,4 mm
Ke =1,0 (sendi – sendi)

$\lambda = 0.60$ $\emptyset c = 0.90$ C =0.80
$\lambda = 0.80$ $\emptyset b = 0.85$

Kelangsingan :

$\lambda = \frac{Ke\ L}{r} \leq 175$ dimana r = 0.289 b

$b \geq \frac{1{,}0\ x\ 2309}{0.289\ x\ 175} = 45.655\ mm$ $ambil\ b = 76{,}2\ mm\ (3")$

$\lambda = \frac{1{,}0\ x\ 2309}{0.289\ x\ 76{,}2} = 104{,}851 < 175$ ..... (OK)

$$Pe = \frac{\pi^2 E^1 05\, A}{Ke\frac{L^2}{r}} = \frac{3{,}14^2 x\ 21481{,}291\ x\ A}{\left(\frac{2209}{22{,}02}\right)2} = 19{,}26\ A$$

$$\propto c = \frac{\emptyset s\ Pe}{\lambda \emptyset c\ Po}\ ' = \frac{0.85\ x\ 19{,}26\ A}{0.6\ x\ 0.9\ xA\ x46\ 0.8\ x0.8} = 1.0$$

$$Cp = \frac{1+\propto c}{2\ c} - \sqrt{\left(\frac{1+\propto c}{2c}\right)^2 - \frac{\propto c}{c}} = \frac{1+1}{2\ .0{,}8} - \sqrt{\left(\frac{1+1}{2.0.8}\right)^2 - \frac{1}{0{,}8}} = 0.691$$

Maka:

$P' = Cp\ A\ Fc = 0.691\ A\ x\ 29{,}44 = 20.34\ A = 1549{,}9\ h$

$M = S\ x\ Fb = \frac{1}{6}\ x\ 76{,}2\ h^2\ x\ 44{,}88 = 569.976\ h^2$

$$\left(\frac{\mathbf{Pu}}{\lambda \emptyset \mathbf{c}\ \mathbf{P1}}\right)^2 + \frac{\mathbf{Mu}}{\lambda \emptyset \mathbf{b}\ \mathbf{Mr}} \leq 1$$

$$\frac{76482{,}34}{0.6x0.9x1549{,}9h} + \frac{2463226{,}25}{0.8x0.85x569{,}97\ bh} \leq 1$$

$8350{,}788 + 6357{,}75 \leq h^2 \rightarrow h = 121{,}3\ mm\ (Ambil\ h = 5")$

Maka dimensi lentur + Tekan aksial = 3" x 5 " (76,2 mm x 127 mm)

STRUKTUR KAYU

SAMBUNGAN DENGAN BAUT

(pertemuan ke 9)

Ir. BESMAN SURBAKTI. MT

Semester B – 2011/2012

Tu = Zu = 55830,07 N (kombinasi 3)

D = 15 mm

Øz = 0,65

λ = 0,80

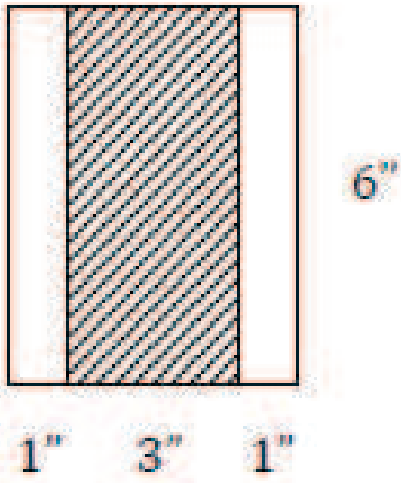
Fyb = 2400 kg/cm = 244.648 N /mm

Fm = 46Mpa

Fs = 46Mpa

Re $= \frac{Fem}{Fes} = 1{,}0$

$K\emptyset = 1 + 0.25\left(\frac{\theta}{90}^{\circ}\right) = 1$



Metode kelelehan

$$\text{Im : Z} = \frac{0.83\ Dtm\ Fem}{1+0.25\frac{\theta}{90}} = \frac{0.83\ x\ 15\ x76{,}2\ x46}{1+0{,}25\frac{0}{90^{\circ}}} = \frac{43639{,}74}{1} = 43639.74\ N$$

$$\text{Is : Z} = \frac{1{,}66D\ ts\ Fes}{1+0.25\frac{\theta}{90^{\circ}}} = \frac{1{,}66x15x25{,}4x46}{1+0.25\frac{0}{90^{\circ}}} = \frac{29093{,}16}{1} = 29093{,}16\ N$$

$$\text{IIIs :} K_3 = (-1) + \sqrt{\frac{2(1+Re)}{Re} + \frac{2Fyb(2+Re)D^2}{3\ Fem\ ts^2}} = (-1)+ \sqrt{\frac{2(1+1)}{1} + \frac{2x244{,}648(1+2)15^2}{3\ x46\ x25{,}4^2}} = 1{,}77$$

$$\text{Z} = \frac{2{,}08\ K_3 Dts\ Fes}{K\theta(2+Re)} = \frac{2{,}08\ x\ 1{,}77\ x15\ x\ 25{,}4\ x\ 46}{1\ (\ 2+1\ )} = \frac{64523{,}72}{3} = 21507{,}9$$

$$\text{IV : Z}\frac{2{,}08\ D^2}{K\ \theta}\sqrt{\frac{2\ Fem\ Fyb}{3\ (\ 1+Re)}} = \frac{2{,}08\ x\ 15^2}{1}\sqrt{\frac{2\ x\ 46\ x\ 244{,}648}{3\ (\ 1+1)}} = 28663{,}8\ \text{N}$$

$$\text{Z'} = \text{Zmm x cm x cr x cd} = 21507{,}9\ \text{x1,0 x 0,8 x 1,0} = 17206{,}32\ \text{N}$$

$$\text{Zu} \leq \lambda \emptyset Z\ Z' nf$$

$$\text{Nf} \geq \frac{Zu}{\lambda \emptyset_z z'} = \frac{55830{,}07}{0.80\ x\ 0{,}65\ x\ 17206\ ,32} = 6{,}23 \sim 7\ baut$$

STRUKTUR KAYU

SAMBUNGAN DENGAN PAKU

(pertemuan ke 10)

Ir. BESMAN SURBAKTI. MT

Semester B – 2011/2012

Tu = Zu = 55830,07 N (kombinasi 3)

D = 5,2 mm panjang 4,5" (114mm)

$\emptyset z$ = 0,65

λ = 0,80

Fyb = 2400 kg/cm = 244,648 Mpa

Fm = Fs = 46 Mpa

Re = Fem/Fes =1

KD = 0,38 D + 0,56 Untuk 4,3 < D < 6,4 mm

= 0.38 (5,2) + 0,56

= 2,536

$\rho = 114 - 101{,}6 = 12{,}4$

Moda Kelelehan

$$\text{Is}: Z = \frac{3{,}3\ Dts\ Fes}{KD} = \frac{3{,}3\ X\ 5{,}2\ X\ 25{,}4\ X\ 46}{2{,}536} = 7906{,}05\ N$$

$$\text{III m}: K1 = (-1) + \sqrt{2(1+Re) + \frac{2Fyb(1+2Re)D}{3\ Femp}^{2}} = (-1) + \sqrt{2(1+1) + \frac{2\ x244{,}648\ (1+2)5{,}2}{3\ x46\ x\ 12\ ,4}^{2}}$$

$$Z = \frac{3{,}3\ k1\ D\ \rho\ Fem}{KD\ (1+2Re)} = \frac{3{,}3\ x\ 1{,}423\ x\ 5{,}2\ x12{,}4\ x46}{2{,}536\ (1+2\ x1)} = 1830{,}759\ N$$

$$\text{IIIs}: K2 = (-1) + \sqrt{\frac{2(1+Re)}{Re} + \frac{2\ Fyb\ (1+2\ Re)D}{3Fem\ \ ts}^{2}} = (-1) + \sqrt{\frac{2\ (1+1)}{1} + \frac{2\ X\ 244{,}648\ (1+2.1)5{,}2}{3\ X\ 46\ X\ 25{,}4}^{2}} = 1{,}107$$

$$Z = \frac{3{,}3\ k2\ D\ ts\ Fes}{KD(2+Re)} = \frac{3{,}3\ x1{,}107x5{,}2x25{,}4x4{,}6}{2{,}536} = 2917{,}3\ N$$

$$\text{IV}: Z = \frac{3{,}3D}{KD}^{2} \sqrt{\frac{2Fem\ Fyb}{3(1+Re)}} = \frac{3{,}3x5{,}2}{2{,}536}^{2} \sqrt{\frac{2x46x244{,}648}{3(1+1)}} = 2155{,}066$$

Sambungan tampang 2 , nilai Zmin dikali2

$Z' = 2 \text{ x Zmin x cm x cr x cs} = 2\text{x}1830{,}759\text{x}0.8 \text{ x } 1{,}0 \text{ x}1{,}0 = 2929{,}204 \text{ N}$

$$Zu \leq \lambda \emptyset z\ Z' nf$$

$$Nf \geq \frac{Zu}{\lambda \emptyset z\ Z'} = \frac{55830{,}07}{0.8x0.65x2929{,}204} = 38\ buah \sim 40\ buah$$

STRUKTUR KAYU

SAMBUNGAN GIGI

(pertemuan ke 11)

Ir. BESMAN SURBAKTI. MT

Semester B – 2011/2012

Nu = 46250, 61 N (kombinasi 1)
h = 127 mm = 5" (tinggi - balok)
α = 60°

tm $\leq \frac{1}{3} h = \frac{1}{3} x\ 127 = 42{,}33$ mm
ambil tm = 25 mm

Lm $\geq 1{,}5\ h = 1{,}5\ x\ 127 = 190{,}5$ mm
ambil Lm = 200 mm

hn = h – tm = 127 -25 = 102 mm
em $= \frac{1}{3} (hn + tm) = \frac{1}{3} (102 + 25) = 63{,}5$ mm

$$Nu \cos \alpha \leq \frac{Lm\ b\ Fv'}{1+0{,}25 \frac{Lm}{em}} \lambda\ \Phi v$$

$$46250{,}61 \cos 60° \leq \frac{200x\ 76{,}2\ x\ 6{,}6\ x\ 0{,}97\ x\ 0{,}8}{1+0{,}25 \frac{200}{63{,}5}} 0{,}6\ x\ 0{,}75 = \frac{35123{,}93}{1{,}79}$$

23125,305 < 19622,31 .....(Not OK)

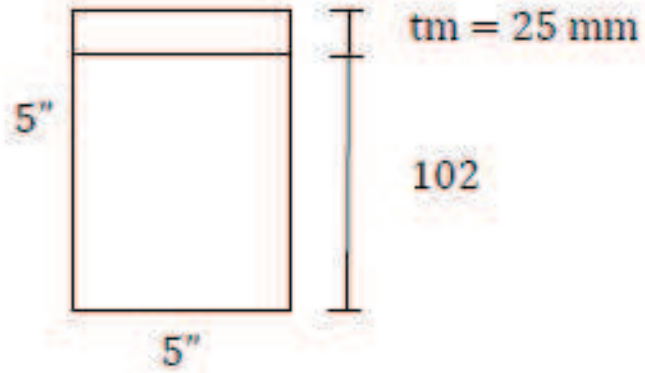
ambil Lm = 280 mm 5"

$$46250{,}61 \cos 60° \leq \frac{280 \times 76{,}2 \times 6{,}6 \times 0{,}97 \times 0{,}8}{1+0{,}25\frac{280}{63{,}5}} 0{,}6 \times 0{,}75 = \frac{49173{,}5}{2{,}102}$$

$23125{,}305 < 23393{,}67$ .....(OK)

maka tm = 25mm, Lm = 280mm

kontrol batang tarik akibat adanya tarikan



$Tu \leq \lambda \Phi t\, T'$

$23125{,}305 \leq 0{,}6 \times 0{,}8 \times (6{,}0 \times 1{,}0 \times 0{,}8 \times 76{,}2 \times 102)$

$23125{,}305 < 179076$ N.....(ok)

STRUKTUR KAYU

BATASAN LENDUTAN

(pertemuan ke 12)

Ir. BESMAN SURBAKTI. MT

Semester B – 2011/2012

Disamping akibat deformasi komponen struktur, lendutan dapat terjadi karena pergeseran pada sambungan-sambungan. Untuk membatasi perubahan-perubahan bentuk struktur bangunan secara berlebihan, sehingga pergeseran masing masing komponen struktur terjadi sekecil mungkin.

Lendutan struktur bangunan akibat berat sendiri dan muatan tetap dibatasi sebagai berikut :

- Untuk balok – balok pada struktur bangunan yang terlindung, lendutan maksimum f max ≤ 1 / 300 l
- Untuk balok –balok pada struktur bangunan yang tidak terlindungi, lendutan maksimum f max ≤ 1 / 400 l
- Untuk balok – balok pada konstruksi kuda-kuda, antara lain gording dan kasau, lendutan maksimum, f max ≤ 1 / 200 l
- Untuk struktur rangka batang yang tidak terlindung, lendutan maksimum, f max ≤ 1 / 700 l
- Untuk rangka batang yang terlindung, lendutan maksimum, f max ≤ 1 / 500 l

Yang mana l adalah panjang bentang bersih